

钢筋混凝土结构实验教学演示系统的开发和应用

余世策, 冀晓华, 胡志华, 刘承斌, 赏星云, 蒋建群

(浙江大学 建筑工程学院, 浙江 杭州 310058)

摘要:为开展钢筋混凝土结构实验演示教学,自主研发基于虚拟仪器的实验教学演示系统。采用NI cDAQ搭建混合信号采集系统,以实验演示教学为目标设计信号采集和数据处理软件,实现数据清零、数据修正和数据记录、画图等功能。实践表明,该演示系统为推动立体化启发式实验教学和互动式实验教学奠定了坚实基础。

关键词:虚拟仪器;钢筋混凝土;演示系统;LabVIEW

中图分类号:G642.423;TU528.571

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2012)06-0139-04

钢筋混凝土结构是现代土木工程最重要的组成部分,钢筋混凝土结构课程则是结构工程专业本科教学中最重要的专业课程之一。由于钢筋混凝土结构课程实践性强,实验教学成为影响教学质量的重要环节,随着本科教学实验投入日益加大,传统的钢筋混凝土实验教学方法已不能满足知识、能力、素质并重的新型工程设计人才的培养要求,钢筋混凝土实验的教学改革迫在眉睫。以钢筋混凝土集约分层式教学改革为代表的系列实验教学改革为钢筋混凝土结构实验教学改革搭建了总体框架,符合现阶段本科实验教学改革方向^[1]。以钢筋混凝土结构综合加载装置为基础的具有自主知识产权的硬件设施为实现基本型—提高型—自主创新型实验教学提供保障^[2-3]。目前该装置仅实现构件支撑体系的多功能目标,可完成多种试验构件的加载,而测试系统仍沿用机械读表式仪器设备。机械读表式仪器设备尽管可提高学生动手能力,但在一定程度上限制了学生视野,降低了实验效率,特别是演示教学环节时,读表记录无法让学生实时了解实验进程,缺点非常明显。文献[6]基于虚拟仪器开发了新的实验模拟系统,采用模拟实验展示梁加载至破坏的过程,然而结果毕竟是模拟的,相比真实的实验演示还有所欠缺;因此,针对实际构件加载试验引入自动化数据采集和分析系统对实验教学特别是演示环节的教学非常必要。文章基于虚拟仪器技术,研发钢筋混凝土结构实验教学演示系统。实践证明,应用该演示系统取得了良好的教学效果。

收稿日期:2012-05-27

基金项目:浙江大学2011年度教学方法改革研究项目(SY-5)

作者简介:余世策(1979-),男,浙江大学建筑工程学院高级工程师,博士,国家一级注册结构工程师,主要从事钢筋混凝土结构研究,(E-mail)yusc@zju.edu.cn。

一、虚拟仪器技术

虚拟仪器^[7] (Virtual Instruments, 简称 VI) 是美国国家仪器公司 (National Instruments Corporation 简称 NI) 基于“软件即是仪器”的理念于 1986 年提出的全新概念, 即在以计算机为核心的硬件平台上, 测试功能由用户自定义并通过测试软件实现的一种计算机仪器系统。其实质是利用计算机显示器的显示功能来模拟传统仪器的控制面板, 以多种形式表达输出结果, 利用 I/O 接口设备完成信号的采集与控制, 利用计算机强大的软件功能实现信号数据的运算、分析和处理, 从而完成各种测试功能的计算机测试系统。虚拟仪器技术是融合电子测量、计算机和网络技术的新型测量技术, 在降低仪器成本的同时, 提高仪器的灵活性和数据处理能力, 是传统仪器概念的重大突破。“虚拟”主要包含两方面含义: 第一, 虚拟仪器面板是虚拟的。传统仪器面板上的各种“器件”所完成的功能由虚拟仪器面板上的各种“控件”来实现; 第二, 虚拟仪器测量功能由软件编程实现。在以计算机为核心的硬件平台支持下, 通过软件编程实现仪器的测试功能, 而且可组合不同测试功能的软件模块实现多种测试功能。可见, 采用虚拟仪器技术开发实验教学演示系统有无法比拟的优势。

二、钢筋混凝土结构实验教学演示系统的设计

钢筋混凝土受弯构件正截面破坏实验是钢筋混凝土结构实验课程中最为重要的一个实验, 学生观察实验现象、分析实验结果、比较理论计算, 通过结构实验中获得的感性认识, 巩固并深化所学理论知识。

(一) 系统目标设定

图 1 为钢筋混凝土受弯构件加载测试简图, 受弯构件采用简支安装, 以千斤顶通过分配梁对试验梁加载, 千斤顶荷载通过力传感器测量。试验加载过程中实时测量试验梁的挠度、受拉主筋的应变、混凝土受压区的应变, 对每级荷载作用下的加载力、挠度、应变等数据修正、整理, 绘制跨中弯矩 - 挠度曲线图和跨中弯矩 - 应变曲线图。观察和分析这 2 个曲线图, 理解钢筋混凝土构件受弯破坏的机理, 掌握钢筋混凝土构件受弯破坏的 3 个阶段, 以及钢筋混凝土在不同阶段的作用^[8]。由于静载试验需要分级进行, 每级荷载作用下需稳定一段时间才能记录数据, 因此系统既要显示实时数据, 又要具备人工干预

数据记录和图形绘制的功能。

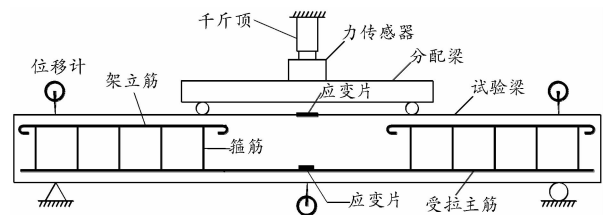


图 1 钢筋混凝土受弯构件加载测试简图

(二) 硬件配置方案

根据系统目标设定, 需要采集的信号有位移信号、力信号和应变信号。位移信号的采集设备选择高精度差压变压器式位移传感器, 量程为 30 mm, 精度为 0.1%, 输电信号为 0 ~ 5V 电压, 数据调理和采集选择了 NI 9205 电压采集模块, 该模块具有 16 位测量精度, 250 KS/s 最高采样率, 可实现 32 路单端模拟输入的信号采集。力信号的采集设备选用应变式压力传感器, 以全桥电路接入。应变信号的采集设备为应变片, 以 1/4 桥电路接入, 数据调理和采集均选用 NI 9237 同步电桥模块, 该模块具有 24 位测量精度, 50 KS/s 最高采样率, 可同时驱动和测量 4 个电桥传感器所需的全部信号。最后将电压采集模块和同步电桥模块插入 CompactDAQ 机箱, 组成混合信号数据采集系统。

(三) 基于 LabVIEW 软件的设计

LabVIEW^[9-15] 是一个革命性的图形编程开发环境, 以 G 编程语言为基础, 用于数据采集、控制、数据分析和图形表示等, 尤其适于虚拟仪器和虚拟实验的设计。

1. 用户界面设计

根据系统目标设定的要求, 软件界面主要分成参数输入区、原始数据区、修正数据区、操作区和图形显示区。参数输入区用于手工输入初始等效荷载, 该参数考虑试验梁的自重对试验结果的修正; 原始数据区显示传感器直接采集的实时数据, 包括两根受拉主筋应变、混凝土受压区应变、千斤顶荷载、跨中位移、左支座位移和右支座位移共 7 个数据显示框; 修正数据区显示经修正后的实时数据, 包括修正后两根受拉主筋应变、混凝土受压区应变、跨中弯矩和跨中挠度 5 个数据显示框; 操作区用于人工干预试验进程, 包括数据清零按钮、数据修正按钮和数据记录画图按钮; 图形显示区用于显示弯矩 - 应变曲线和弯矩 - 挠度曲线。采用 LabVIEW 定制的软件界面如图 2 所示, 操作界面非常友好。

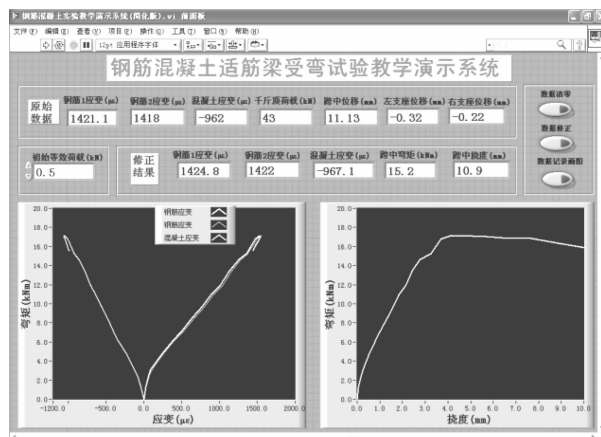


图2 教学演示系统用户界面

2. 后台程序设计

系统后台程序设计包括数据采集模块、数据处理模块和图形显示模块,借助 DAQ 数据采集模式,快速实现了多路混合信号的同步采集,经分解后得到随时间变化的数据阵列。点击“数据清零”按钮,将触发时的实时数据存储到硬盘,将触发后的实时数据减去硬盘存储的数据,从而轻松实现数据清零,同样地点击“数据修正”按钮,将输入的“初始等效荷载”参数值存储到硬盘,触发后的实时数据经硬盘存储的参数修正,从而得到了修正数据。程序中最关键的部分在于人工干预实现每一步荷载的数据记录和画图,这需要将稳定后的实时修正数据按加载次序累加到一系列数组中,同时将不同数组中 X - Y 坐标数据以图形显示,呈现随加载进程变化的曲线图。采用 LabVIEW 中反馈节点实现数组追加功能,当“数据记录画图”按钮触发后,数据自动累加到数组中,而前面的数据保持不变,画图则采用了 LabVIEW 中的 XY 图函数,程序框图如图 3 所示。

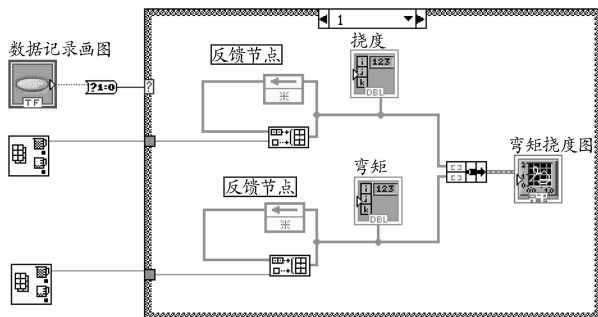


图3 人工干预数据记录及画图程序框图

三、教学演示系统的实践效果和应用前景

钢筋混凝土适筋梁受弯试验教学演示系统已成功应用于教学实践,从问卷调查结果看,99% 的学生认为教学演示环节对开展试验相当有帮助:“教学演示环节对开展加载试验有很大帮助……比单纯讲课

有效果,避免了实验操作的盲目性,提高了实验成功率”,“演示环节解决了大家很多疑惑”,“教学演示环节告诉我们实验的注意点和难点,能更好地帮助我们完成实验,这是必不可少的”。从应用前景来看,由于硬件设备的通用性和系统界面的定制性,系统适用不同的钢筋混凝土构件受力性能试验演示教学,有广阔的应用前景。在此基础上结合数值模拟开发立体启发式课堂教学模式,能极大提高实验教学质量。教学演示系统的成功开发为引导学生开展自主创新实验提供了新思路,学生不但能自主设计实验构件和加载方案,还能利用这一平台设计测试方案、在线分析结果,为互动式实验教学模式提供了技术支撑。

四、结语

基于虚拟仪器技术进行实验教学内容和方法的改革,把计算机技术与测试技术紧密融合,是探讨课程实验内容和教学方法改革的新途径。自主研发的虚拟仪器综合实验平台具有多功能、多用途、成本低廉等特点,在投资少的情况下实现实验环境现代化、规模化建设,同时为学生开展自主创新实验提供友好而开放的平台,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 余世策,钱匡亮,刘承斌,等. 钢筋混凝土实验集约分层式教学模式[J]. 实验技术与管理, 2008, 25(8):132 - 135.
- [2] 余世策,刘承斌,赏星云,等. 钢筋混凝土综合实验装置的开发与应用[J]. 实验室研究与探索, 2008, 27(4): 36 - 38.
- [3] 余世策,蒋建群,刘承斌,等. 钢筋混凝土实验教学综合加载装置[P]. 中国专利: ZL 200710069974. 5. 2009 - 09 - 02.
- [4] 余世策,刘承斌,赏星云,等. 钢筋混凝土构件受扭试验的教学实践[J]. 高等建筑教育, 2008, 17(4):139 - 141.
- [5] 余世策,蒋建群,刘承斌,等. 钢筋混凝土实验创新的探索与实践[J]. 实验室科学, 2009(5):148 - 150.
- [6] 王瑞,李靖,潘文,等. 虚拟仪器在钢筋混凝土实验教学平台中的实现与应用[J]. 云南农业大学学报, 2009, 3(2):75 - 79.
- [7] 韩硕. 虚拟仪器技术在教学中的开发与应用[J]. 装备制造技术, 2011(9):239 - 241.
- [8] 余世策,刘承斌. 土木工程结构实验——理论、方法和实践[M]. 杭州:浙江大学出版社, 2009.
- [9] 康志成,肖友刚,李国臣. 基于虚拟仪器平台测试技术

- 实验教学体系[J]. 井冈山学院学报:自然科学版,2009, 30(8):112-113,120.
- [10] 尤丽华,周洋. 基于虚拟仪器的测试技术实验教学系统建立[J]. 实验技术与管理, 2011,28(2):83-86,90.
- [11] 雷振山,黄绮娣,刘兆妮. 基于虚拟仪器技术的测试实验教学[J]. 唐山高等专科学校学报,1999,12(4):70-72.
- [12] 左虹,殷艳树,马丽霞. 基于LabVIEW的综合实验教学平台研制[J]. 教学研究, 2008,31(1):75-77.
- [13] 邝永明. 基于LabVIEW多功能虚拟仪器的应用开发[J]. 广西大学学报:自然科学版, 2006, 31(4):340-343.
- [14] 申彦春,周浩森,姚明林. 虚拟仪器在实验教学中的应用[J]. 仪器仪表与分析监测, 2008(1):22-24.
- [15] 洪焕凤,林明星. 基于虚拟仪器的实验教学[J]. 实验室研究与探索, 2005, 24(12):84-86.

Development and application of teaching demonstration system for reinforced concrete structure experiment

YU Shice, JI Xiaohua, HU Zhihua, LIU Chengbin, SHANG Xingyun, JIANG Jianqun

(College of Architecture and Civil Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310058, Zhejiang Province, P. R. China)

Abstract: In order to conduct demonstration teaching of reinforced concrete structure experiment, the research and development of experiment teaching demonstration system based on virtual instrument have been done independently. With NI cDAQ the mixed-signal acquisition system is built, the signal acquisition and data processing software is designed for experiment demonstration teaching. The functions of data clearing, data correction, data recording and drawing are achieved. Practice result shows that the demonstration system can lay a solid foundation for the stereoscopic heuristic experiment teaching and interactive experiment teaching. With the new test technology applied to teaching, the teaching efficiency and quality are increased. The experiment teaching demonstration system has a good application value.

Keywords: virtual instrument; reinforced concrete; demonstration system; LabVIEW

(编辑 周沫)